

Полярный геофизический институт

Исследования космических лучей на Шпицбергене

Нейтронный монитор – основной прибор для регистрации космических лучей на поверхности Земли

Трёхсекционный нейтронный монитор 18NM64 в Баренцбурге
- первый и единственный на Шпицбергене
- самый северный в мире
- принимает радиацию из направления на северный полюс эклиптики



История создания



Март 2003 г.
Э.В.Вашенюк около первой секции НМ.

Мониторы всех трёх секций были собраны и установлены внутри стандартных морских контейнеров в Мокше сотрудниками Отдела космических лучей ИЗМИРАН под руководством В.Г. Янке.



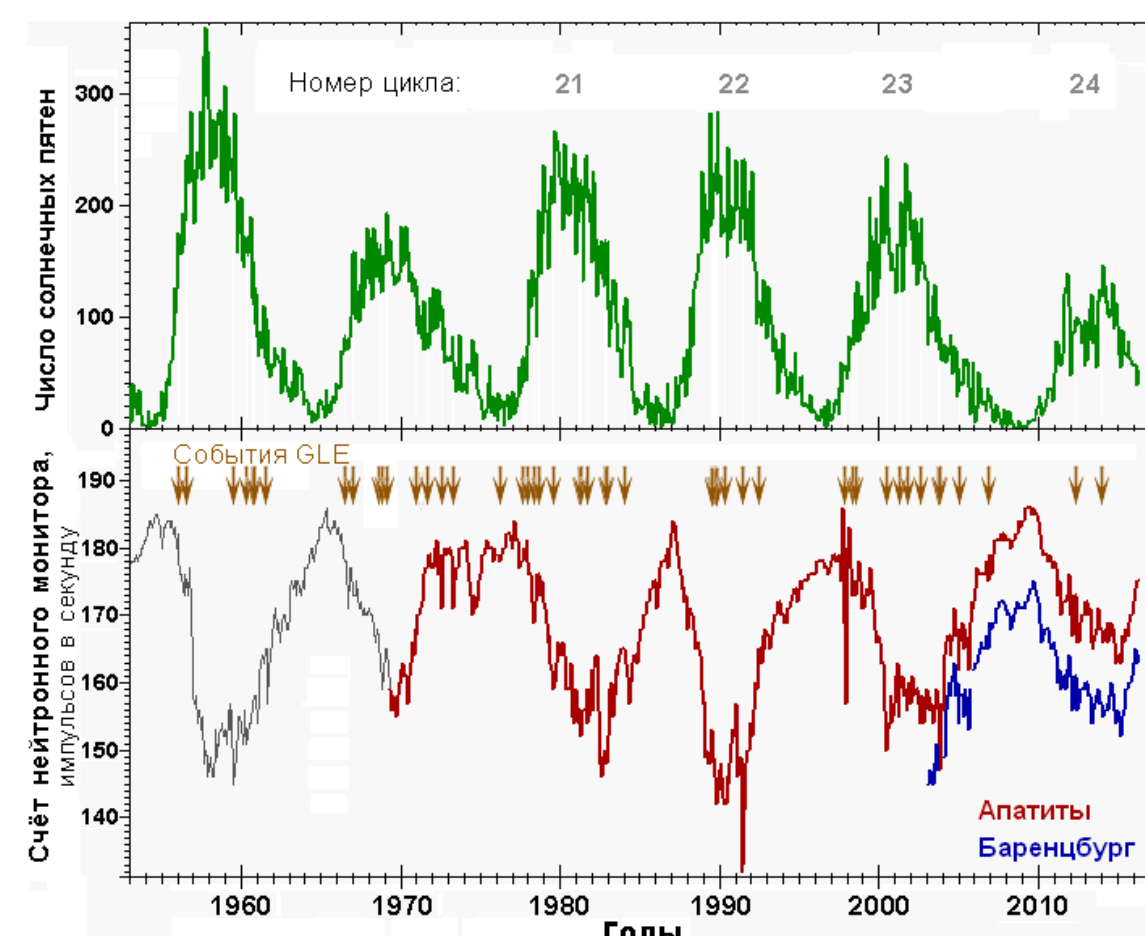
2004 г.
Сделана обшивка первой секции и круглая крыша для сброса снега.

В 2005 и 2006 гг. установлены вторая и третья секции, соответственно

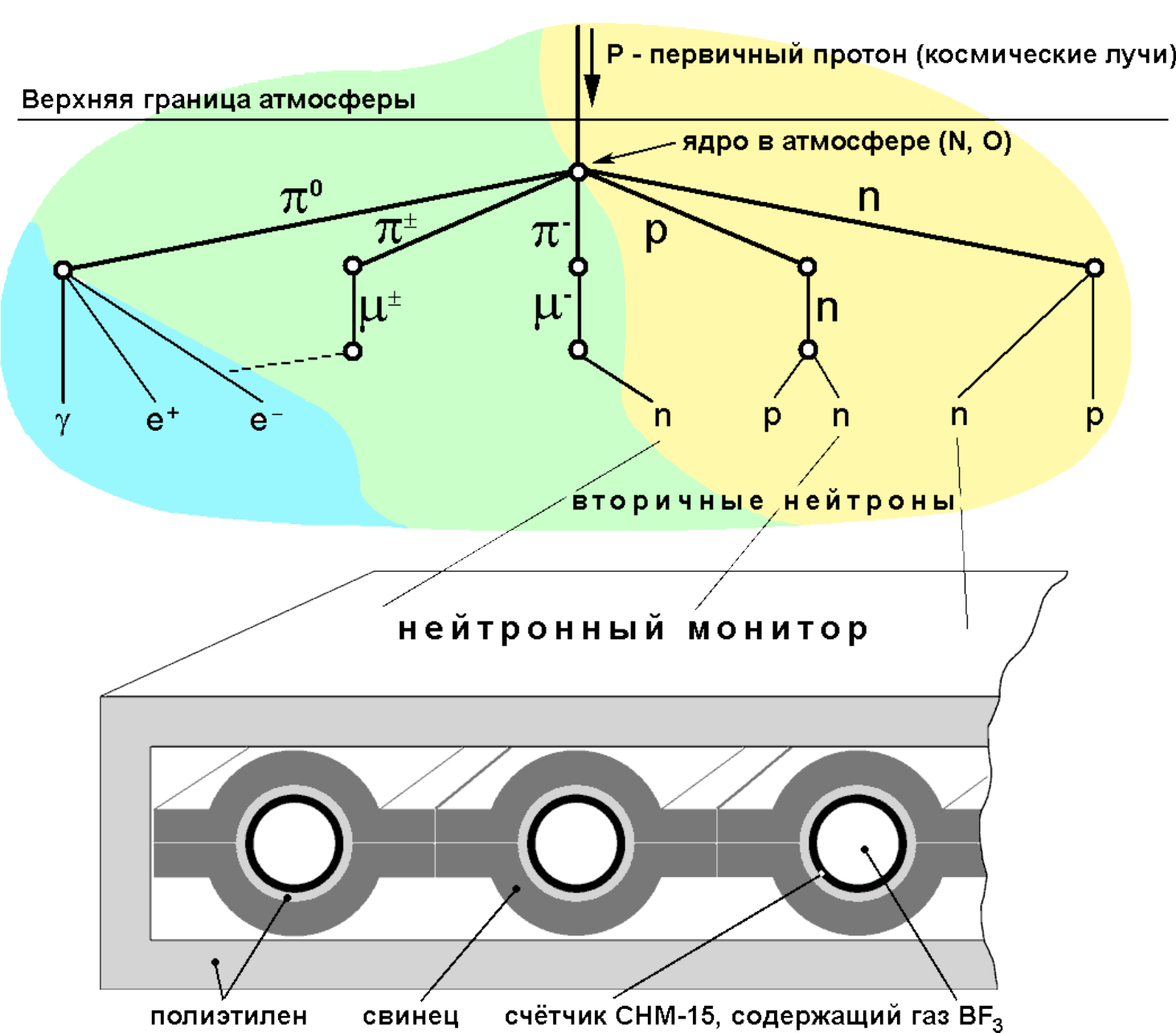
Вариации интенсивности космических лучей в 11-летнем цикле солнечной активности

Одна из основных характеристик солнечной активности – число солнечных пятен. Чем выше солнечная активность, тем сильнее гелиосферное магнитное поле, тем труднее галактическим космическим лучам проникать к Земле, тем ниже счёт нейтронного монитора.

Рисунок демонстрирует 11-летнюю вариацию счёта нейтронного монитора в противофазе с солнечной активностью.



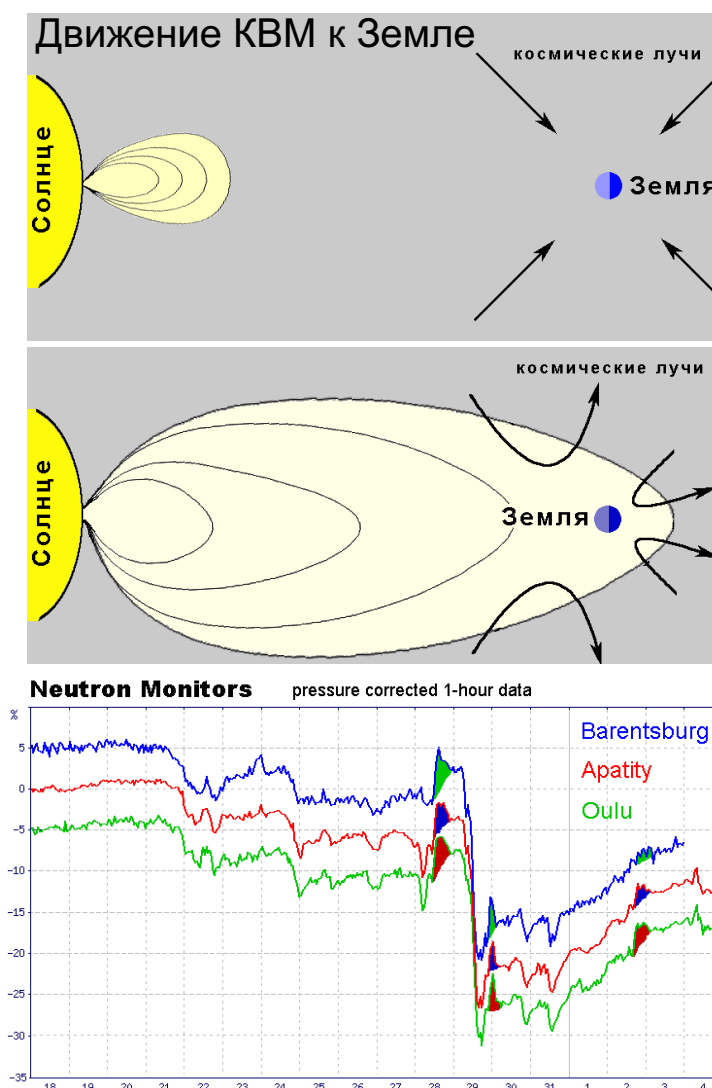
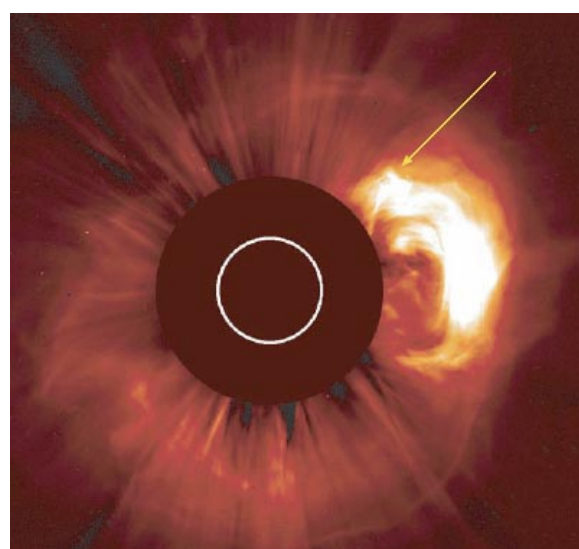
Принцип регистрации космических лучей нейтронным монитором



Возмущения в космических лучах в суперсобытиях осени 2003 г.



Корональный выброс массы (КВМ)
11:02 UT 28.10.2003

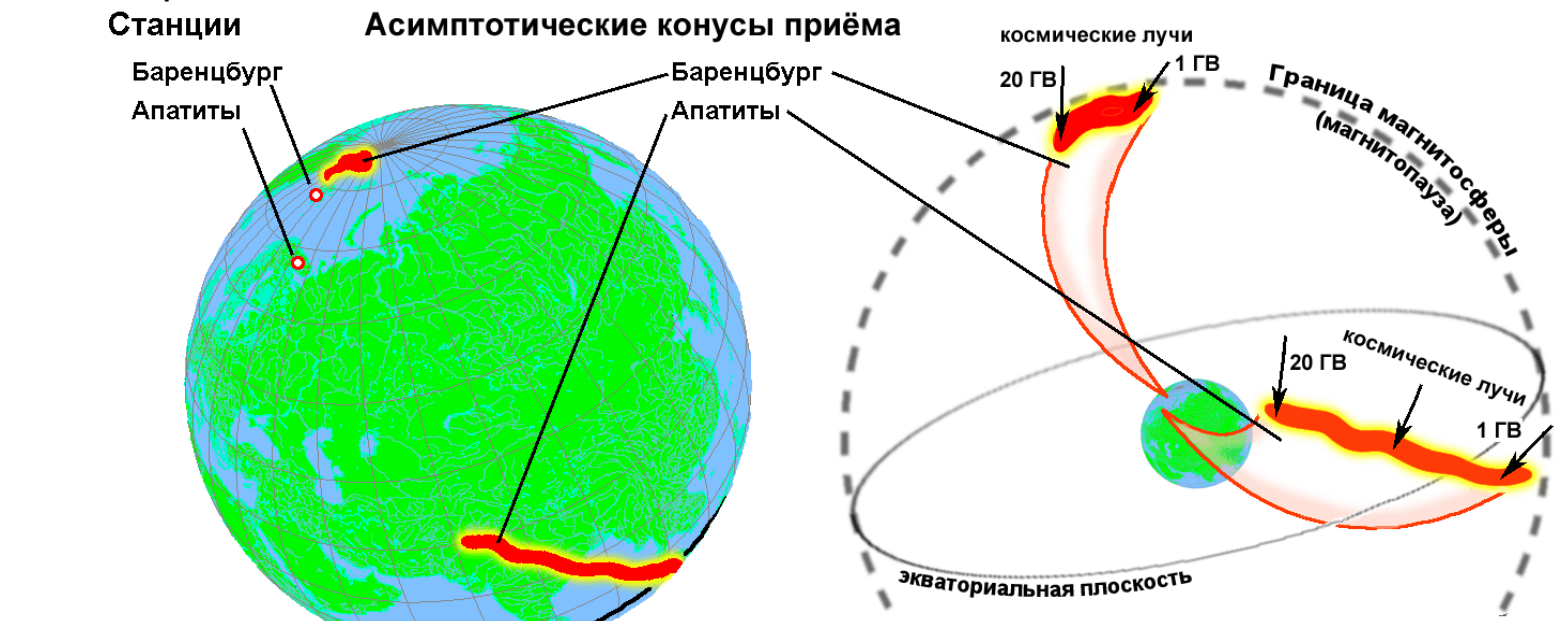


Около 6 UT 29.10.2003 г. КВМ захватил Землю и частично экранировал её от галактических космических лучей в замороженном в КВМ магнитным полем. Поток космических лучей, регистрируемых нейтронными мониторами, резко снизился. Это явление называется Форбуш-эффектом.

Гигантский Форбуш-эффект 29 октября 2003 г.

Конус приёма нейтронного монитора

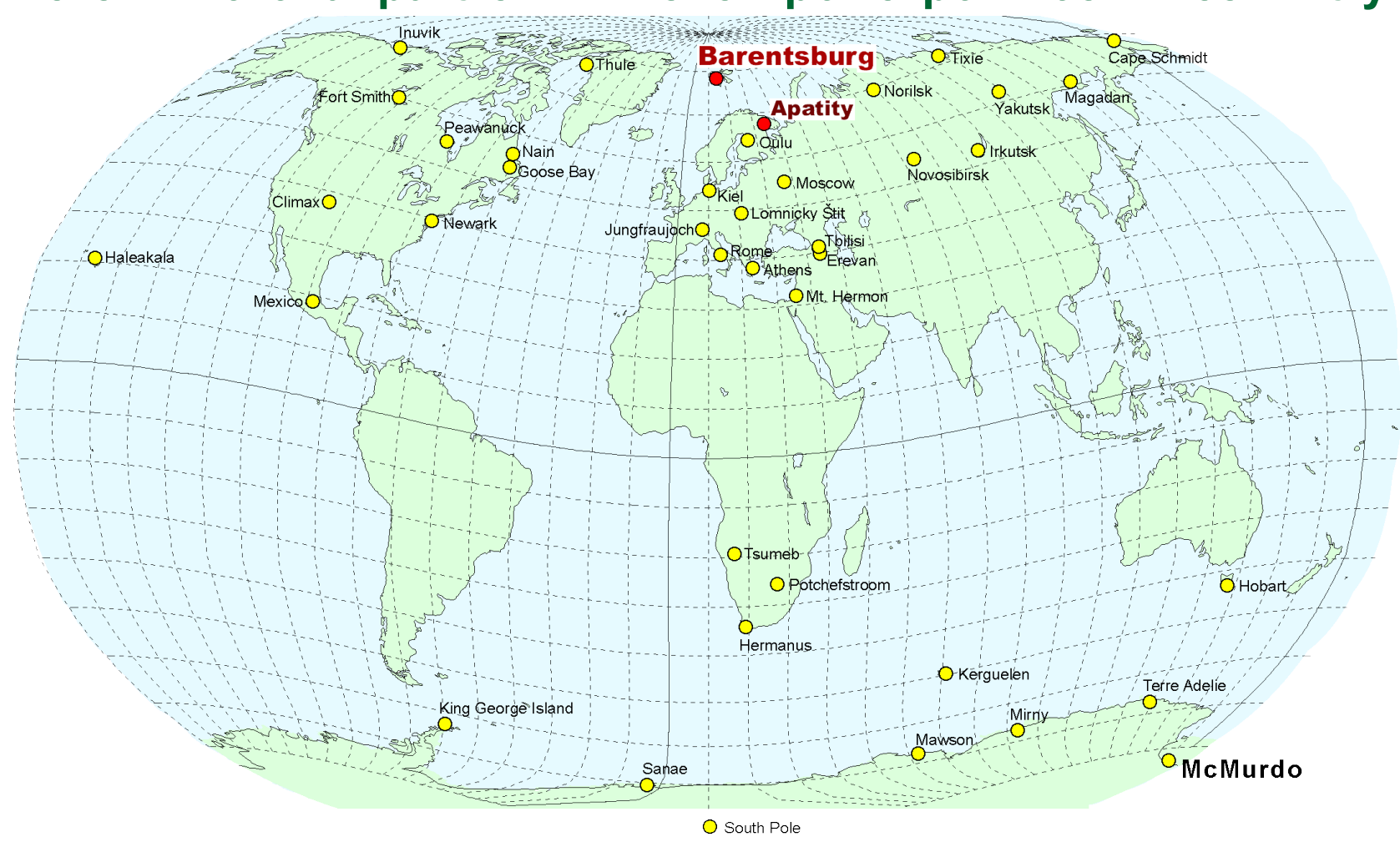
Каждый нейтронный монитор принимает только те космические лучи данной энергии, которые пришли из определённого направления за пределами земной магнитосферы. Совокупность направлений для всех регистрируемых энергий называется асимптотическим конусом приёма данного монитора.



Конусы приёма разных мониторов направлены в разные стороны. Таким образом:

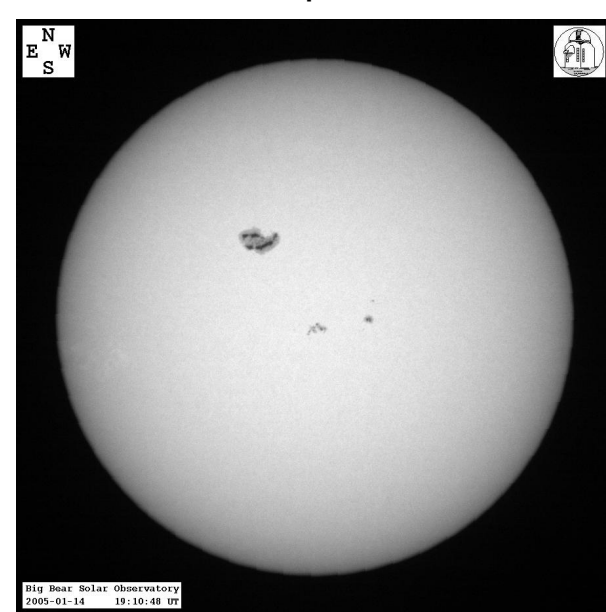
Мировая сеть нейтронных мониторов

является многонаправленным спектрометром космических лучей

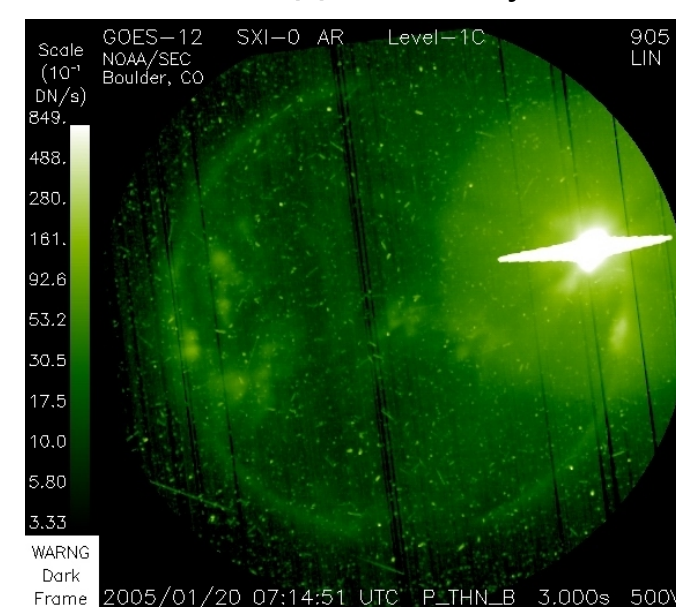


Солнечные космические лучи событие 20 января 2005 г.

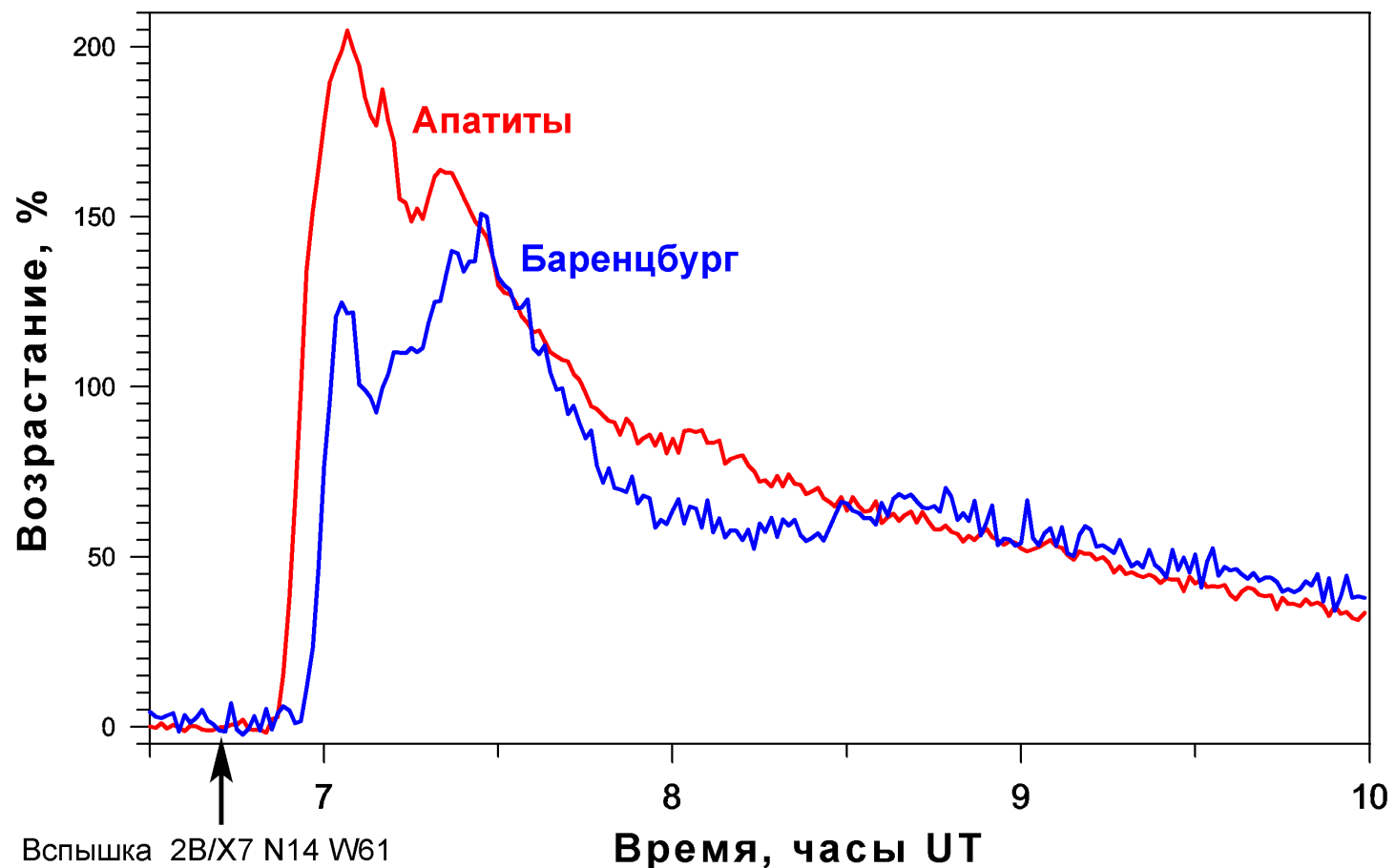
Активная область 720 на Солнце
14 января 2005 г.



Гигантская вспышка в рентгеновских лучах
06 UT 20.01.2005 г. Данные спутника GOES-12

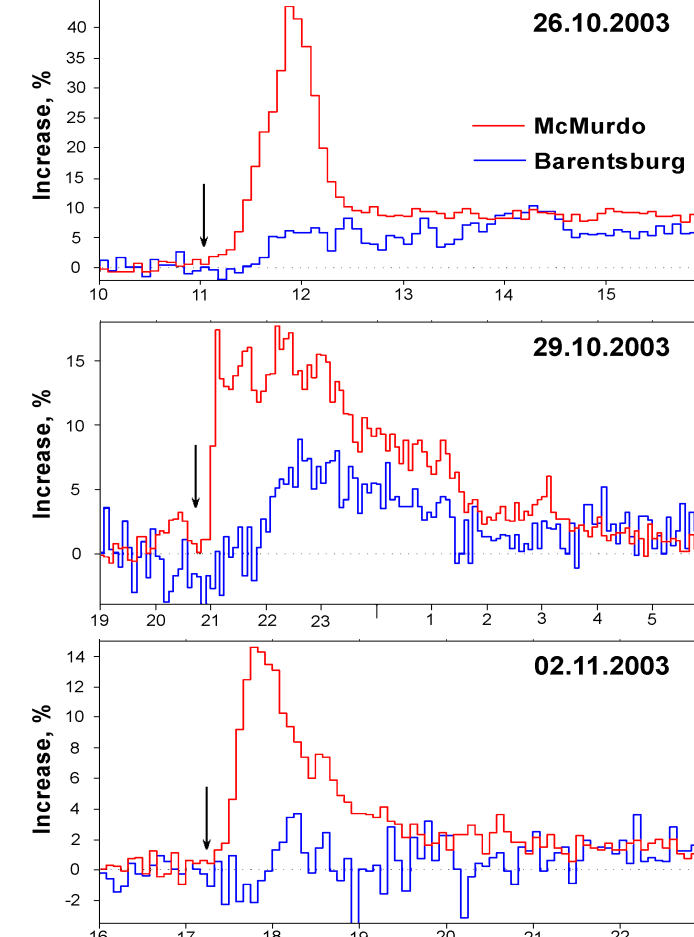
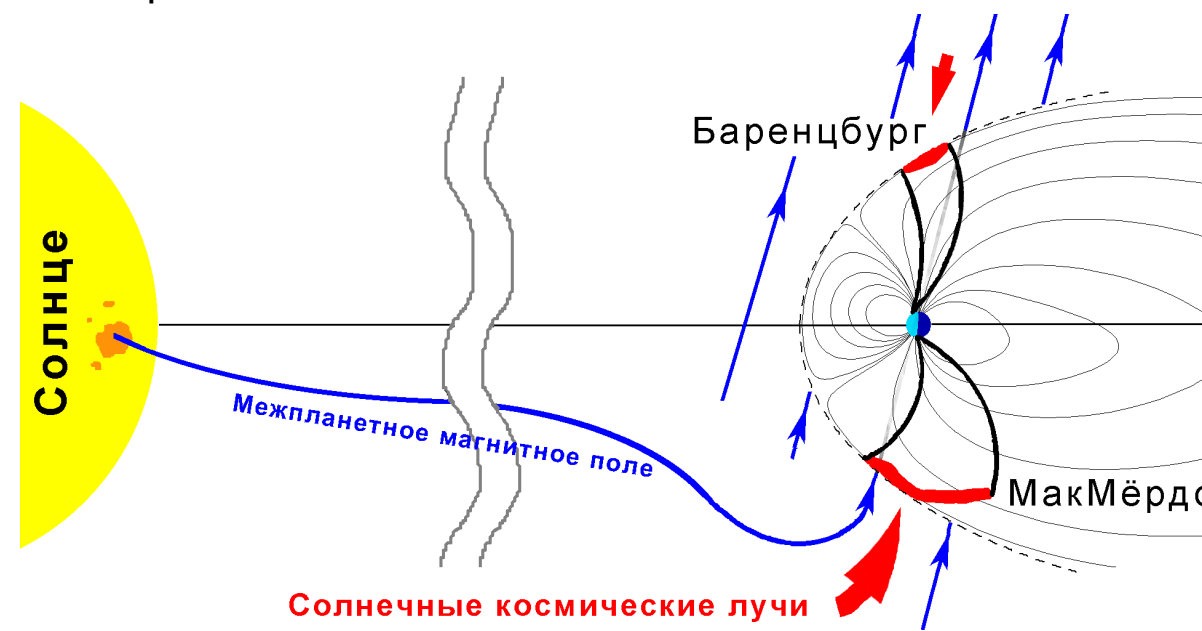


Возрастание счёта на нейтронных мониторах Баренцбург и Апатиты, связанное с релятивистскими солнечными космическими лучами от вспышки 20 января 2005 г. Такие события называются GLE (Ground Level Enhancement).

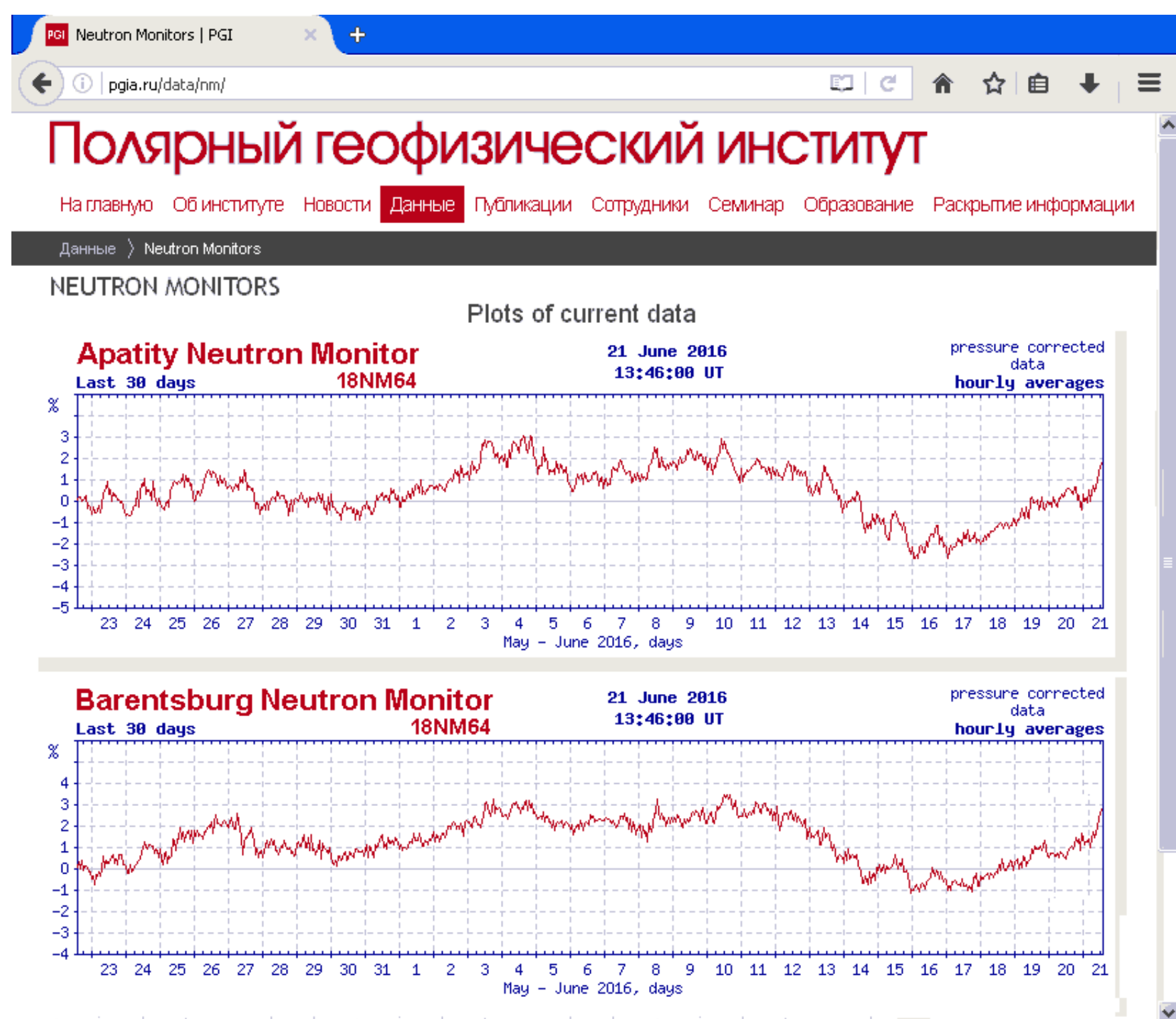


Эффект северо-южной асимметрии в межпланетном магнитном поле

Северо-южная асимметрия в приходе солнечных космических лучей к Земле наблюдалась в течение всего возмущенного периода 26.10 - 04.11. 2003 г. и была связана с глобальной северо-южной асимметрией межпланетного магнитного поля. Повышенный поток СКП регистрировала станция МакМердо в Антарктике.



Данные нейтронных мониторов Баренцбург и Апатиты публикуются в Интернете в реальном времени <http://pgia.ru/data/nm/>

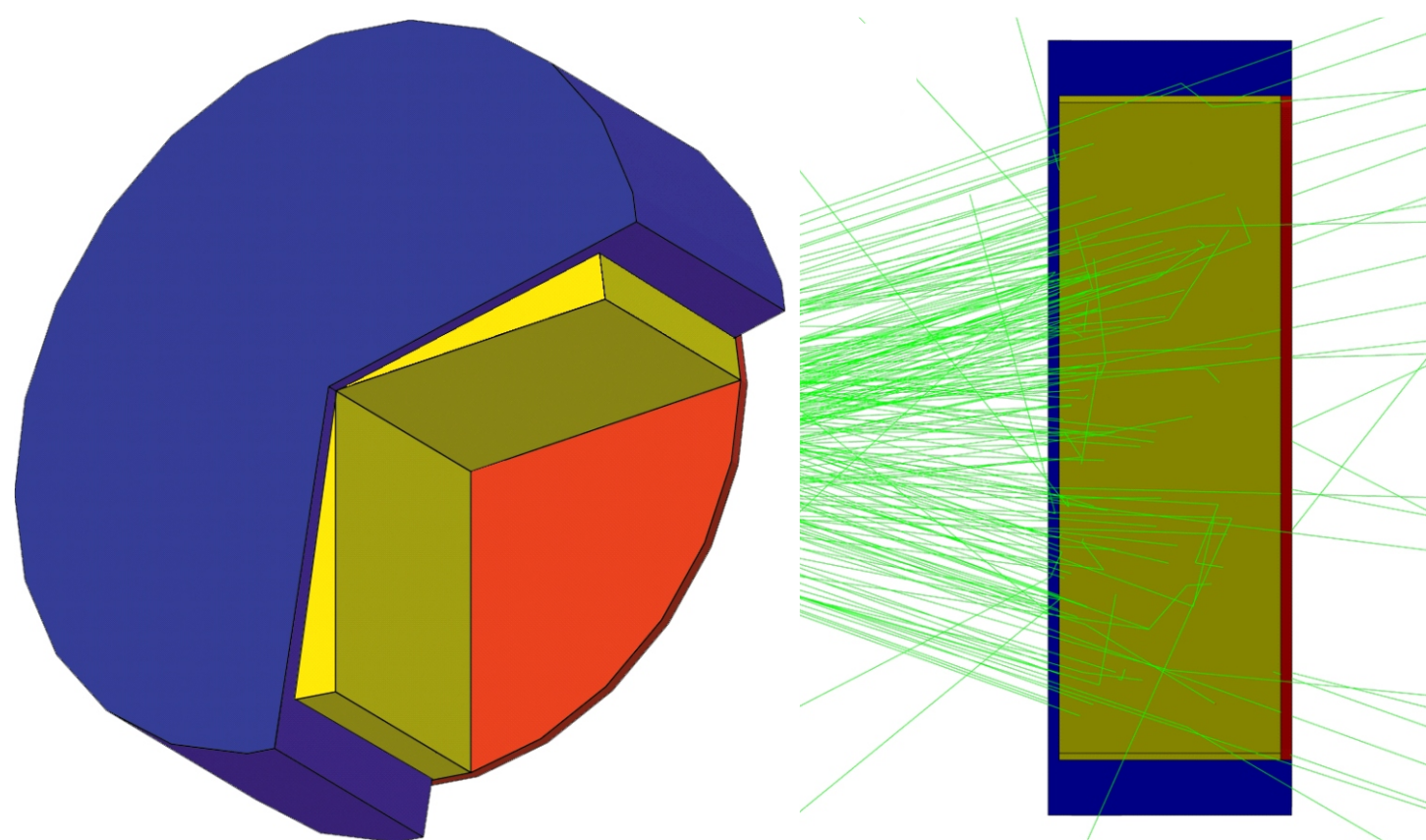


Регистрация других компонент вторичных космических лучей

Электромагнитная (гамма-кванты) компонента

Внешний вид детектора

Схема расчёта эффективности кристалла



Детектором служит сцинтилляционный кристалл NaI(Tl) с размерами $\varnothing 62 \times 20$ мм). Детектор чувствителен к гамма-квантам с энергиями 20-400 кэВ (мягкое гамма-излучение). Регистрация проводится в интегральных каналах >20 и >100 кэВ.

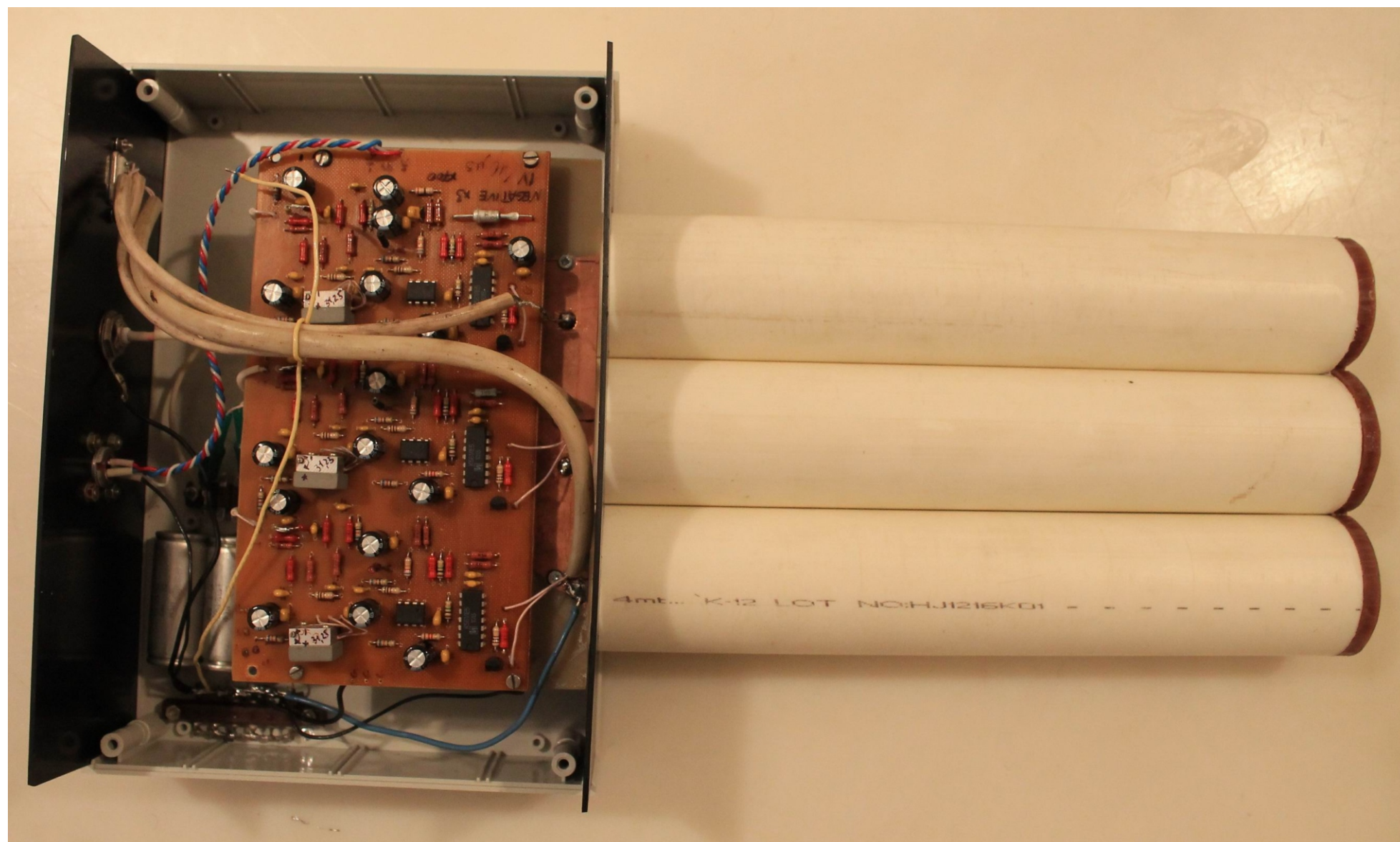
Эффективность регистрации гамма-квантов кристаллом рассчитывалась с помощью GEANT-4 и программного пакета RUSCOSMICS

Калиброван детектор с помощью источников ^{241}Am , ^{137}Cs .

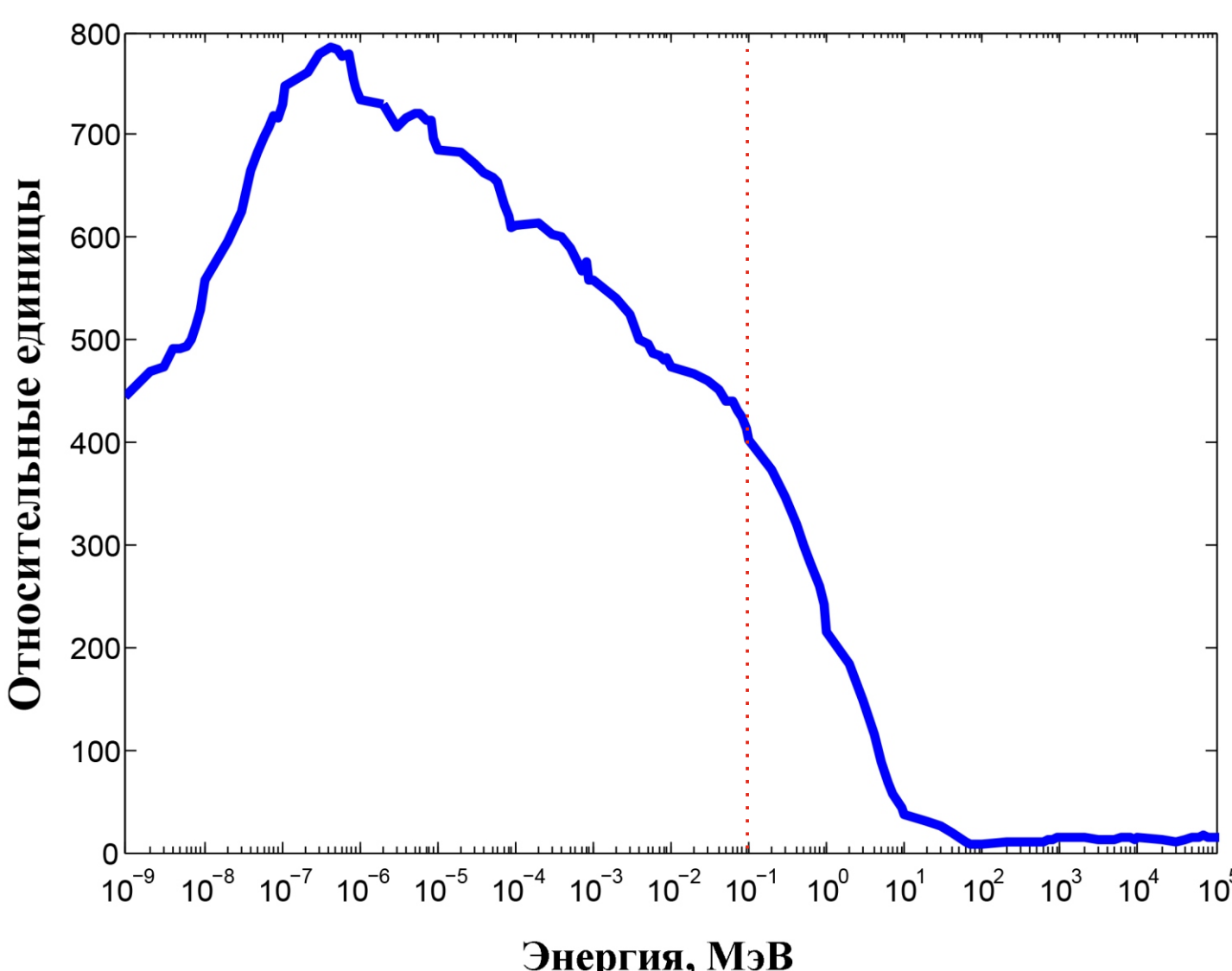
Детекторами нейтронов являются трубки СНМ-18, заполненные ^3He . Трубки окружены слоем полиэтилена толщиной 10 мм, что обеспечивает замедление и регистрацию нейтронов с энергиями до 100 кэВ. Мягкие нейтроны (от тепловых энергий до 100 кэВ) легко вступают в ядерные реакции с ядрами атомов многих веществ, в силу чего нейтронное излучение является одним из самых опасных и имеет коэффициент биологической эффективности излучения, равный 20 (рентгеновское излучение имеет коэффициент 1). Установка рядом с нейтронным монитором дополнительных приборов, измеряющих потоки радиации в других энергетических диапазонах и компонентах, расширяет область применения данных нейтронного монитора, позволяя вести комплексный мониторинг радиационной обстановки, фиксируя все значимые типы радиации. Шпицберген является малонаселенным и удаленным от всех промышленных областей регионом, радиационная обстановка на архипелаге может служить базовым уровнем.

Мягкие (до 100 кэВ) нейтроны

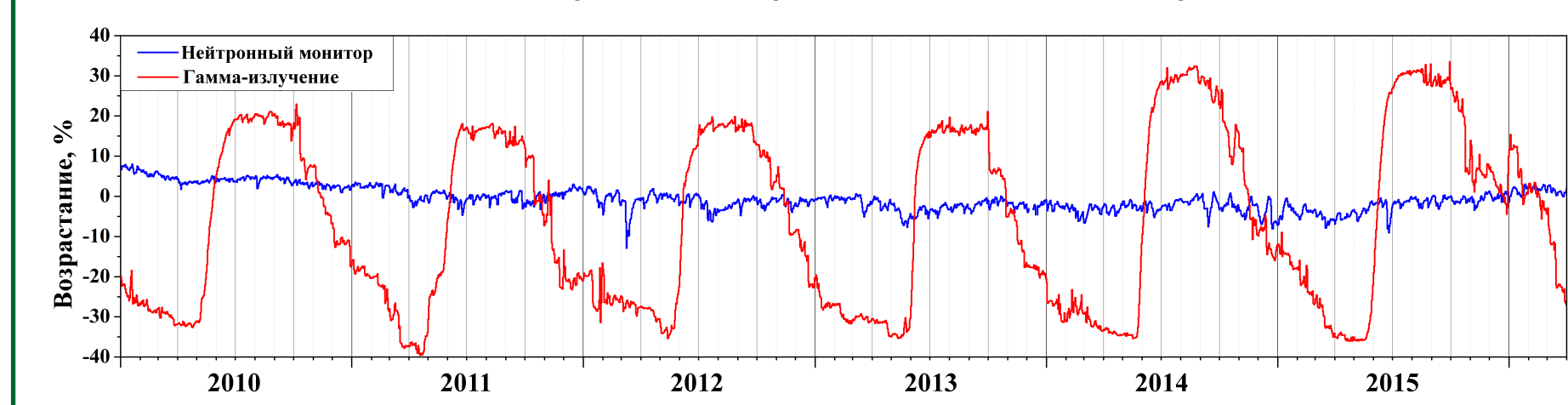
Внешний вид детектора мягких нейтронов



Справа. Расчет эффективности регистрации нейтронов созданным детектором в зависимости от их энергии. Расчет выполнен на основе GEANT-4 с помощью созданного в лаборатории программного пакета RUSCOSMICS. Этот пакет используется при моделировании прохождения космических лучей через атмосферу земли, процессов регистрации вторичных космических лучей и для расчета эффективности используемых детекторов. Вертикальный красный пунктир на рисунке показывает порог в 100 кэВ. Как видим, эффективность регистрации нейтронов с энергиями ниже порога изменяется не более 50 % от максимального значения, а после порога эффективность быстро падает до очень малых величин. Детектор мягких нейтронов был установлен в Баренцбурге в 2016 г. Идет накопление данных. Предполагается создать в Баренцбурге комплекс для мониторинга всех основных компонент вторичных космических лучей, аналогичный работающему в Апатитах.

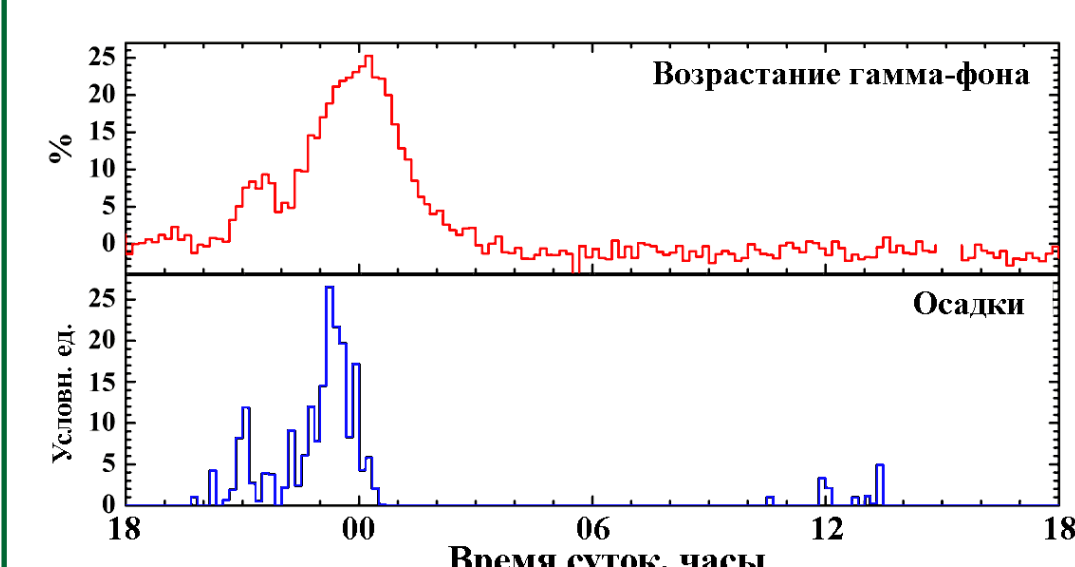


Годовая вариация приземного гамма-фона



Вверху - вариации гамма-фона в Баренцбурге за 2010-15 годы в сравнении с нейтронным монитором. Слева - усредненная за эти 6 лет годовая вариация гамма-фона в Баренцбурге в сравнении с аналогичной вариацией в Апатитах. Годовая вариация гамма-фона была впервые обнаружена в ПГИ вскоре после установки детекторов. Происхождение вариации связано с сезонными процессами в атмосфере, влияющими на рождение и распространение легких частиц вторичных космических лучей. Вариация может использоваться для исследования процессов в глубине атмосферы.

Возрастания гамма-фона при осадках



Вторым открытым в ПГИ явлением стал эффект возрастания потока гамма-радиации при осадках. Эффект наблюдается в любое время года при твердых и жидких осадках как в Баренцбурге, так и в Апатитах. За время наблюдений зарегистрировано более тысячи таких событий. Амплитуда возрастаний доходит до 60 % от уровня, предшествующего осадкам. Каких-либо радионуклидов в осадках не обнаружено. В данных нейтронного монитора обнаруженный эффект никак не проявляется.